

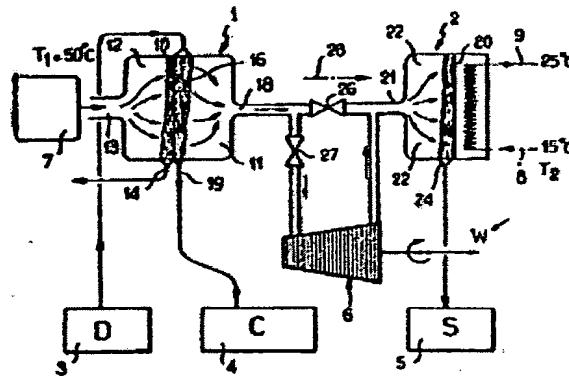
**Process for the storage of a mechanical or thermal energy in chemical form and for recovery of at least a part of the said stored energy in mechanical form and plant for implementing this process**

**Patent number:** FR2577614  
**Publication date:** 1986-08-22  
**Inventor:** GOFF PIERRE LE; STERANKA PAUL OTT  
**Applicant:** CENTRE NAT RECH SCIENT (FR)  
**Classification:**  
 - **international:** F01K1/00; F01K27/00  
 - **European:** F01K3/00; F01K25/06B; F28D20/00B  
**Application number:** FR19850002118 19850214  
**Priority number(s):** FR19850002118 19850214

**Report a data error here**

**Abstract of FR2577614**

The storage of a mechanical or thermal energy in chemical form and the recovery of the stored energy in mechanical form. An evaporator-separator 1 into which heat is introduced at a level  $T_1$  is employed, together with a condenser 2 in connection with a cold source at a temperature  $T_2$  which is lower than  $T_1$ . Between the evaporation chamber 11 of the evaporator-separator and the condensation chamber 22 of the condenser, solvent vapour is circulated in order to store the energy, during the energy storage stage, by producing the solvent S and the concentrate C which are delivered to storages 4, 5 and, in an energy production stage, to reemploy the solvent and the concentrate which is stored to drive a vapour engine 6. The invention applies especially to the control of the supply of electrical energy.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

**11) N° de publication :**

2 577 614

(21) N° d'enregistrement national :

85 02118

51 Int Cl<sup>4</sup> : F 01 K 1/00, 27/00.

12

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 14 février 1985.

30 Priorité :

**43 Date de la mise à disposition du public de la demande : ROP1 « Brevets » n° 34 du 22 août 1986.**

**60 Références à d'autres documents nationaux appartenants :**

71) **Demandeur(s) : Etablissement public dit : CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE — FR**

72 Inventeur(s) : Pierre Le Goff et Paul Ott Steranka.

73 Titulaire(s) :

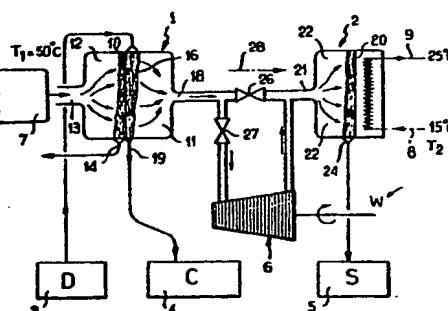
74) Mandataire(s) : Francois Lerner.

54 Procédé de stockage sous forme chimique d'une énergie mécanique ou thermique et de récupération sous forme mécanique d'une partie au moins de ladite énergie stockée et installation pour la mise en œuvre de ce procédé.

57 L'invention concerne le stockage sous forme chimique d'une énergie mécanique ou thermique et la récupération sous forme mécanique de l'énergie stockée.

On utilise un évaporateur-séparateur 1 auquel on apporte de la chaleur à un niveau T1 et un condenseur 2 en liaison avec une source froide à température T2 inférieure à T1. Entre la chambre d'évaporation 11 de l'évaporateur-séparateur et la chambre de condensation 22 du condenseur, on fait circuler la vapeur de solvant pour, en phase de stockage de l'énergie, stocker l'énergie en produisant le solvant S et le concentrat C qui sont délivrés à des stockages 4, 5 et en phase de production d'énergie réutiliser le solvant et le concentrat stocké pour entraîner un moteur à vapeur 6.

L'invention s'applique, notamment, à la régulation de la fourniture d'énergie électrique.



L'invention a pour objet un procédé de stockage sous forme chimique d'une énergie mécanique ou thermique et de récupération sous forme mécanique d'une partie au moins de ladite énergie stockée. L'invention se rapporte 5 également à des installations permettant la mise en oeuvre d'un tel procédé.

Dans une demande précédente n° EN 81 15263 du 6 Août 1981 publiée sous le n° 2 511 090, le même demandeur a déjà décrit un procédé de stockage sous forme chimique 10 d'une énergie mécanique ou thermique et de récupération sous forme mécanique d'une partie au moins de ladite énergie stockée, ainsi que des dispositifs pour la mise en oeuvre de ce procédé.

Cependant, dans ce brevet précédent, il n'était 15 pas décrit de manière pour effectuer la régénération du solvant et de la solution concentrée ou "concentrat" à partir de la solution diluée ou "diluat".

En outre, les dispositifs décrits étaient d'un type particulier associant étroitement l'évaporateur- 20 séparateur et le condenseur, permettant au dispositif de fonctionner de manière adiabatique.

L'invention part d'une idée quelque peu différente, permettant une revalorisation d'une énergie thermique à bas niveau, telle par exemple que la vapeur d'eau 25 basse pression produite en fin de cycle par les centrales de production d'énergie, tout en utilisant un appareillage simplifié.

Une autre idée de l'invention est de permettre 30 le stockage pendant un temps relativement long d'une énergie thermique de bas niveau et d'une énergie mécanique excédentaire, stockage pouvant se faire sous forme chimique. Comme dans le brevet antérieur sus-mentionné, la restitution de l'énergie, du fait de la forme chimique stable du stockage peut être faite à tout moment opportun 35 et dans un laps de temps réduit, ce qui permet de disposer en période critique d'une puissance de pointe très importante et très "valorisante".

En particulier, les installations conformes à l'invention peuvent servir pour régulariser la puissance demandée au réseau électrique national, de façon quelque peu analogue à ce qui est fait avec les centrales 5 hydrauliques équipées de systèmes permettant le repompage en période de surproduction d'électricité de l'eau contenue dans un bassin bas vers une retenue située à un niveau plus élevé.

Le procédé de l'invention est du type décrit 10 au brevet sus-mentionné FR-A-2511 090, permettant le stockage sous forme chimique d'une énergie mécanique ou thermique ainsi que la récupération sous forme mécanique d'une partie au moins de ladite énergie stockée, procédé dans lequel on utilise l'énergie mécanique ou thermique 15 à stocker pour constituer ou régénérer, à partir de diluats de solutions réactives fortement non idéales d'un mélange binaire solvant/concentrat, ledit solvant et ledit concentrat, et dans lequel, lorsqu'on veut récupérer ensuite ladite énergie, on fait travailler, dans un moteur 20 à vapeur tel qu'une machine à piston, à vis, à engrenages ou une turbine, la vapeur du solvant qui s'y mélange avec le concentrat pour former le diluat. Le procédé de l'invention se caractérise en ce que :

- lors de la phase de stockage de l'énergie, 25 on effectue la séparation du diluat pour former le concentrat liquide que l'on stocke et le solvant vaporisé dans un premier appareil évaporateur-séparateur d'un type connu, auquel est apportée, à une température donnée T1, la chaleur d'une source chaude, et l'on effectue la condensation 30 de la vapeur de solvant dans un condenseur de type connu, soumis à l'action d'une source froide à une température T2, inférieure à ladite température donnée T1, et l'on stocke à l'état liquide ledit solvant condensé,

- et lors de la phase de production de l'énergie, 35 on effectue la vaporisation, dans ledit évaporateur-séparateur, du solvant pur liquide stocké, ainsi que la condensation, dans ledit condenseur, de la vapeur de

solvant, on mélange avec le concentrat stocké, et l'on fait travailler la vapeur de solvant dans ledit moteur à vapeur, telle qu'une machine à piston, à vis, à engrenages ou une turbine, entre les pression différentes 5 régnant audit évaporateur-séparateur et audit condenseur.

Avec une telle organisation, apparaissent immédiatement les avantages suivants :

- il est possible de tirer profit à l'évaporateur-séparateur d'une source d'énergie à bas niveau  $T_1$  qui, 10 autrement est dans la pratique inexploitable,

- l'exploitation de cette source à bas niveau est favorisée par l'exploitation concomittante au condenseur d'un puits de chaleur à encore plus bas niveau; la séparation du mélange est effectuée grâce au transfert de chaleur de la source au puits, alors que ce transfert n'est habituellement qu'une dégradation d'énergie en pure perte.

- le même appareillage fondamental de base comprenant un évaporateur-séparateur et un condenseur sert à la fois au stockage de l'énergie lors de la phase de stockage et à la production de l'énergie, lors de la 20 phase de production (en relation avec le moteur à vapeur).

Selon une autre caractéristique du procédé de l'invention, lors de la phase de stockage de l'énergie on favorise l'évaporation du solvant en comprimant sa phase gazeuse dans un compresseur placé entre ledit évaporateur-séparateur et ledit condenseur. 25

En procédant de cette façon, on peut stocker, également sous forme chimique, l'énergie mécanique en surplus pouvant apparaître à certains moments sur le réseau de distribution. L'installation fonctionne donc, 30 comme mentionné plus haut, en régulatrice de puissance, permettant d'absorber un excédent momentané de puissance et tout aussi bien de fournir un surplus de puissance en heure de pointe de consommation.

L'installation conforme à l'invention, permettant la mise en oeuvre du procédé, se caractérise essentiellement en ce qu'elle comprend, en combinaison : 35

- au moins un évaporateur-séparateur d'un type connu, auquel est apportée de l'énergie thermique à un niveau de température T1,

5 - au moins un condenseur d'un type connu duquel est extraite de l'énergie thermique à un niveau de température T2 inférieure au niveau de température T1.

10 - au moins un moteur à vapeur telle qu'une machine à piston, à vis, à engrenages ou une turbine, susceptible d'être reliée à volonté, par un circuit d'alimentation, entre le volume d'évaporation du solvant formé dans ledit évaporateur-séparateur et le volume de condensation formé dans ledit condenseur.

15 Les évaporateurs-séparateurs et les condenseurs utilisés peuvent être de tout type connu, mais seront avantageusement du type à structure en plaques ou empilements concentriques du type décrit dans la demande de brevet antérieure déposée au nom du même demandeur n° EN 80 17676 du 11 Août 1980 (n° de publication 2 488 379) relatif à un procédé et dispositif pour la revalorisation 20 d'énergie thermique à bas niveau.

L'invention et sa mise en oeuvre apparaîtront plus clairement, ainsi que d'autres buts et avantages, à l'aide de la description qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

25 - la figure 1 montre, de façon schématique une installation conçue selon l'invention et fonctionnant dans la phase de stockage de l'énergie,

- la figure 2 montre, comme la figure 1, la même installation, fonctionnant dans la phase de production d'énergie,

30 - les figures 3 et 4, montrent de manière schématique, en coupe transversale, comment peuvent être constitués les évaporateurs-séparateurs et les condenseurs utilisés dans l'installation des figures 1 et 2.

35 En se reportant aux figures 1 et 2, on a illustré schématiquement une installation conçue selon l'invention comprenant un évaporateur-séparateur 1, un condenseur

2, trois stockages respectivement 3, 4 et 5 pour le stockage de la solution diluée ou "diluat" D, pour la solution concentrée ou "concentrat" C du solvant pur S, un moteur à vapeur 6 tel qu'une machine à piston, à vis, à engrenages ou plus 5 simplement une turbine ou un compresseur, une source de chaleur à bas niveau 7, constituée par exemple par de la vapeur d'eau basse pression délivrée à une température T1, et une source froide 8 constituée, par exemple, par une arrivée d'eau à température T2, inférieure à la température T1. Dans 10 l'exemple schématisé aux figures 1 et 2, on a pu supposé, par exemple, que l'eau arrivait au condenseur 2 à 15°C pour en sortir à 25°C, tandis que la vapeur basse pression arrivait à la température T1 égale à 50°C, ces valeurs n'étant évidemment données qu'à titre d'exemple.

15 En se reportant aux figures 3 et 4, on a illustré plus précisément le schéma de principe de l'évaporateur-séparateur 1 et du condenseur 2. Il peut s'agir, par exemple d'échangeurs très simples à plaques métalliques ou à tubes d'échange placés dans une calandre et dont il existe du reste 20 divers modèles pratiquement utilisables dans la technique. L'évaporateur-séparateur 1 comprend une plaque d'échange médiane 10, séparant son volume intérieur en deux compartiments respectivement 11 et 12. Dans le volume 12 est admis par l'embouchure 13 la vapeur d'eau (à 50°C dans l'exemple envisagé) 25 qui va venir se condenser sur la plaque 10, l'eau condensée étant évacuée par le conduit d'évacuation 14. La chaleur cédée à la plaque 10 par la condensation de la vapeur d'eau à 50°C sert à évaporer la solution diluée ou diluat délivrée en 15 en haut du volume 11 et venant former un film 16 (voir figure 1) qui ruisselle contre la plaque 10. La formation du film ruisselant peut être favorisée par la prévision d'une gouttière 17 en haut de la plaque 10. Lors de cette opération, 30 le diluat se vaporise partiellement pour se séparer en vapeur de solvant qui est évacuée en 18 et en concentrat qui est évacué en 19 vers le stockage 4.

On peut réaliser par exemple l'appareil sous la forme d'un faisceau multitubulaire vertical placé dans une calandre cylindrique ; le film à évaporer ruisselle sur les parois intérieures des tubes et la vapeur de chauffage se condense sur les parois extérieures des tubes.

Le schéma de principe du condenseur est conçu de façon semblable comprenant une plaque centrale d'échange 20, sur laquelle vient se condenser la vapeur de solvant provenant de l'évaporateur-séparateur 1 et entrant par l'embouchure 21 dans le volume 22 du condenseur. La vapeur de solvant condensée est évacuée par le conduit 24 vers le stockage 5. De l'autre côté de la plaque 20 est amenée en échange thermique, l'eau de réfrigération qui peut, par exemple, pénétrer à la base en 8 dans le volume 25 du condenseur pour être évacuée en haut de ce volume en 9.

Une réalisation pratique peut utiliser un faisceau de tubes verticaux dans lesquels s'effectue la condensation de la vapeur de solvant, les tubes étant placés dans une caisse baignée par la source froide à température T2.

Le mélange binaire solvant/soluté est avantageusement d'un type décrit au brevet sus-mentionné FR-A-2 511 090, étant constitué avantageusement par un mélange ammoniac (NH3) formant le solvant et thiocyanate de sodium (NaSCN) formant le soluté. D'autres mélanges binaires formant des solutions réactives fortement non idéales sont appropriées, comme indiqué au brevet sus-mentionné.

En revenant à la figure 1, on décrira maintenant le fonctionnement de l'installation durant la phase de stockage de l'énergie.

Deux possibilités sont offertes.

Selon la première possibilité, la vanne repérée 26 est ouverte et la vanne repérée 27 est fermée. La vapeur de solvant évaporée à l'évaporateur-séparateur 1 dans le volume 11 passe donc directement du conduit 18 dans le conduit 21 et la vapeur de solvant vient se condenser sur la plaque froide 20 (voir figure 4) du condenseur 2. Dans ce processus, la source chaude à bas niveau T1 est donc en partie utilisée pour promouvoir et favoriser la vaporisation du diluat en vue de former ou régénérer le concentrat C du stockage 4 et le solvant S du stockage 5. De même, la source froide d'un niveau T2 de température inférieure à la température T1 favorise la condensation du solvant en accélérant le processus.

Selon la deuxième possibilité opératoire, la vanne 26 est fermée et la vanne 27 est ouverte. Dans ce

cas, le moteur 6 est un compresseur qui est entraîné par une puissance mécanique, par exemple électrique W, en surplus. Cette opération de compression favorise évidemment considérablement l'opération d'évaporation dans la 5 chambre 11 de l'évaporateur-séparateur 1 et l'opération de condensation dans la chambre 22 du condenseur 2. On peut dire que lors de ce processus, on stocke sous forme chimique de l'énergie mécanique W fournie au compresseur 6 et également de l'énergie thermique délivrée par le 10 couple source chaude T1 source froide T2.

On décrira maintenant, en relation avec la figure 2, la phase de récupération de l'énergie stockée. Pour cette phase opératoire, on amène le solvant S du stockage 5 en tête de l'évaporateur-séparateur 1 dans le 15 volume de la chambre d'évaporation 11. L'évaporation du solvant est favorisée par l'apport dans le volume 12 de chaleur provenant de la source chaude à niveau T1. Le concentrat stocké dans le stockage 4 est amené en tête du condenseur 2 par un conduit débouchant en 29 (voir figure 4) pour 20 venir ruisseler contre la plaque 20, par exemple au moyen d'une gouttière 30 analogue à la gouttière 17 de l'évaporateur-séparateur 1. En outre, l'eau froide 8 à la température T2 dans le compartiment 25 vient refroidir la plaque 20.

Dans ces conditions, il existe une différence de 25 pression importante entre la pression de vapeur de solvant régnant dans le volume 11 de l'évaporateur-séparateur 1 et sensiblement maintenu à la température T1, et la pression d'équilibre solvant/concentrat régnant dans le volume 22 du condenseur 2 sensiblement porté à la température T2 de 30 la source froide. Cette différence de pression est mise à profit pour entraîner le moteur à vapeur 6 qui sera avantageusement constitué par une turbine et qui sera donc capable de délivrer sur son axe une puissance W. Bien entendu, pour cette phase de fonctionnement, la vanne 26 35 est fermée, tandis que la vanne 27 est ouverte.

La solution diluée ou diluat, produite dans le condenseur 2 est recueillie à la base pour être amenée au

## stockage 3.

Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée au mode de réalisation illustré et décrit, qui n'a été donné qu'à titre d'exemple.

5 C'est ainsi en particulier que l'on peut faire fonctionner plusieurs dispositifs évaporateurs-séparateurs et plusieurs dispositifs condenseurs en parallèle et/ou en série et faire varier les groupements des appareils travaillant simultanément.

10 Par exemple on peut pour augmenter le rendement de l'opération, en se rapprochant des conditions de réversibilité, procéder au mélangeage du solvant et du soluté (concentrat) par étapes successives par mélange de solvant pur avec des solutions solvant/soluté de plus en plus diluées en 15 solvant, ou inversement par mélange de soluté (concentrat) pur avec des solutions solvant/soluté de plus en plus diluées en soluté, la régénération se fera par les mêmes opérations inversées.

20 De même, il peut être avantageux, selon qu'il s'agit de forte puissance ou de faible puissance unitaire d'utiliser un même moteur 6 pouvant fonctionner alternativement en turbine ou en compresseur, ou deux moteurs séparés l'un fonctionnant en turbine (lors de la phase de la production d'énergie) l'autre fonctionnant en compresseur (lors de la 25 phase de stockage d'énergie) si l'on désire obtenir de meilleurs rendements de conversion.

Bien entendu, l'installation comprend, qui n'ont pas été décrits, pour ne pas surcharger les dessins et comme ils sont d'un emploi évident pour l'homme de l'art, différents moyens de circulation des différents fluides, tels que des pompes et canalisations de jonction entre les stockages et les divers appareillages de l'installation.

REVENDICATIONS

1. - Procédé de stockage sous forme chimique d'une énergie mécanique ou thermique et de récupération sous forme mécanique d'une partie au moins de ladite énergie stockée, du type dans lequel on utilise l'énergie mécanique ou thermique à stocker pour constituer ou régénérer à partir de diluats de solutions réactives fortement non idéales d'un mélange binaire solvant/concentrat, ledit solvant et ledit concentrat, et lorsqu'on veut ensuite récupérer ladite énergie, on fait travailler dans un moteur à vapeur, tel qu'une machine à piston, à vis, à engrenages, ou une turbine, la vapeur du solvant qui s'y mélange avec le concentrat pour former le diluat, ledit procédé étant caractérisé en ce que :

15 - lors de la phase de stockage de l'énergie, on effectue la séparation du diluat (D) pour former le concentrat liquide (C) que l'on stocke et le solvant vaporisé dans un premier appareil évaporateur-séparateur (1) d'un type connu, auquel est apportée à une température donnée (T1), la chaleur d'une source chaude (7), et l'on effectue la condensation de la vapeur de solvant dans un condenseur (2) de type connu soumis à l'action d'une source froide (8) à une température (T2) inférieure à ladite température donnée (T1), et l'on stocke à l'état liquide ledit solvant condensé (S),

20 - et lors de la phase de production de l'énergie, on effectue la vaporisation, dans ledit évaporateur-séparateur (1) du solvant pur liquide stocké (S), ainsi que la condensation, dans ledit condenseur (2), de la vapeur de solvant, en mélange avec le concentrat stocké (C) et l'on fait travailler la vapeur de solvant dans ledit moteur à vapeur, tel qu'une machine à piston, à vis, à engrenages ou une turbine, entre les pressions différentes régnant audit évaporateur-séparateur (1) et audit condenseur (2).

30 35 2. - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on travaille sensiblement respectivement

à la température (T1) de la source chaude dans ledit évaporateur-séparateur (1) et à la température (T2) de la source froide dans ledit condenseur (2).

3. - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lors de la phase de stockage d'énergie, on favorise l'évaporation dudit solvant (S) en comprimant sa phase gazeuse dans un compresseur (6) entre ledit évaporateur (1) et ledit condenseur (2).

4. - Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'on utilise, pour la compression du solvant vaporisé audit évaporateur-séparateur (1) le moteur à vapeur (6) précité fonctionnant en inverse.

5. - Installation pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend, en combinaison :

- au moins un évaporateur-séparateur (1) d'un type connu auquel est apportée de l'énergie thermique à un niveau de température donné (T1),

- au moins un condenseur (2) d'un type connu duquel est extraite de l'énergie thermique à un niveau de température (T2) inférieure au niveau de température (T1),

- au moins un moteur à vapeur tel qu'une machine à piston, à vis, à engrenages ou une turbine (6) susceptible d'être relié à volonté par un circuit d'alimentation entre le volume d'évaporation (11) du solvant formé dans ledit évaporateur-séparateur (1) et le volume de condensation (22) formé dans ledit condenseur (2).

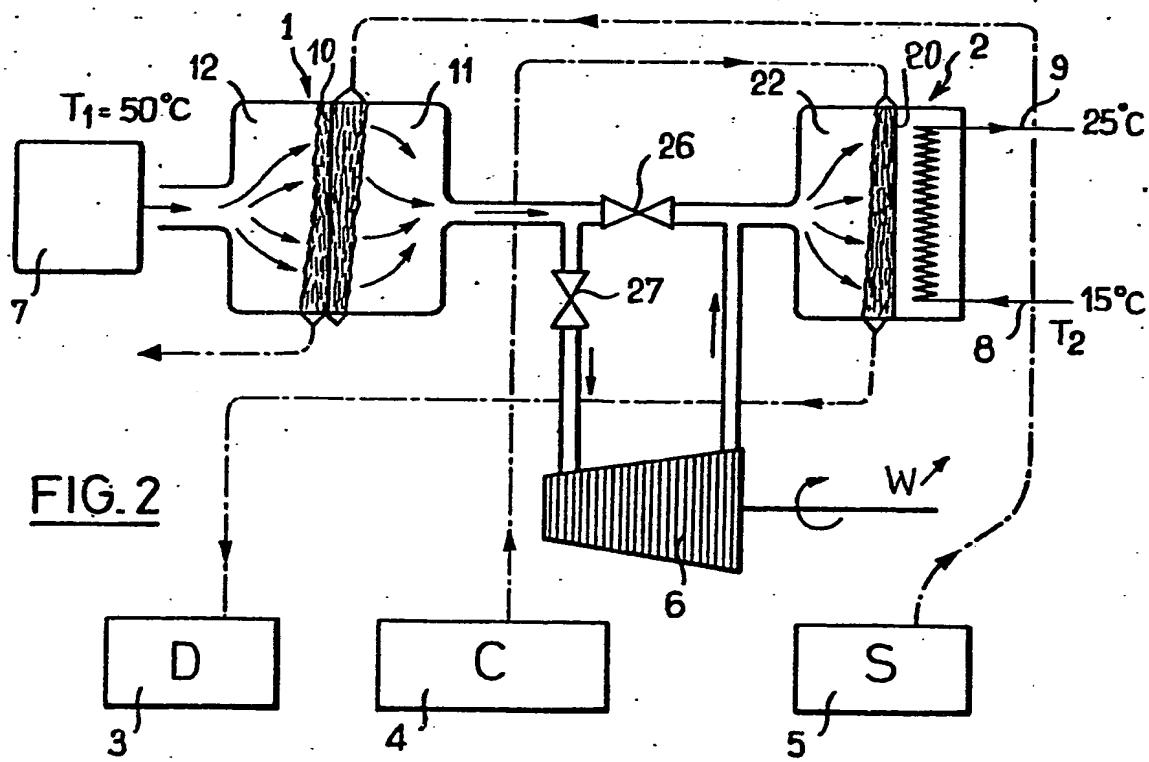
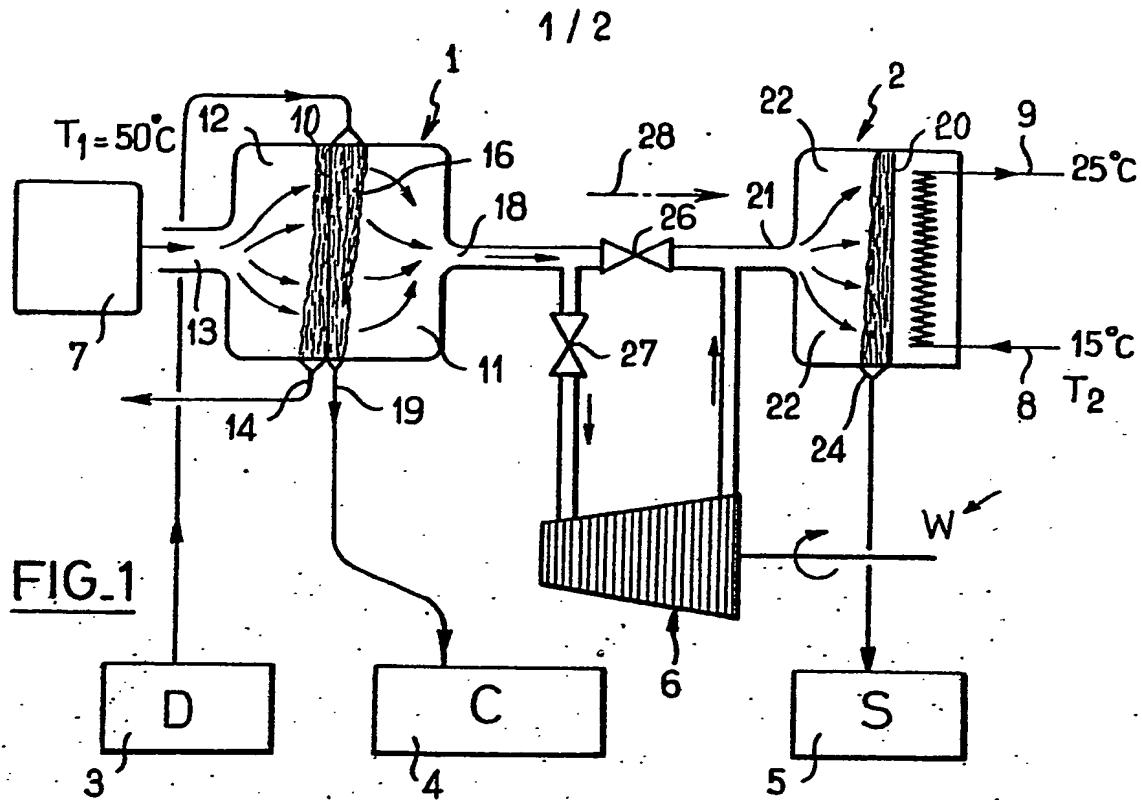
6. - Installation selon la revendication (5), caractérisée en ce qu'elle comprend un circuit de dérivation commandé par une vanne (26) montée en parallèle sur le circuit d'alimentation dudit moteur (6).

7. - Installation selon la revendication 5 ou la revendication 6, caractérisée en ce qu'elle comprend un compresseur (6) susceptible d'être relié à volonté par un circuit d'alimentation entre le volume d'évaporation (11) du solvant formé dans ledit évaporateur-séparateur (1) et le volume de condensation (22)

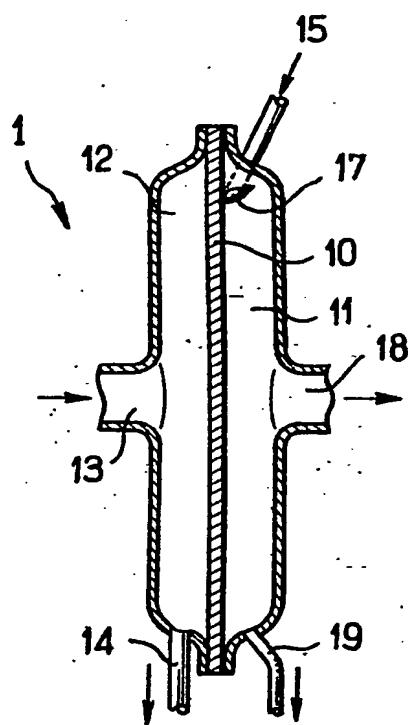
formé dans ledit condenseur (2).

8. - Installation selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisée en ce qu'elle comprend des stockages (3, 4, 5) pour le concentrat (C), le solvant (S) et le 5 diluat (D) liquides et des moyens d'amenée de ces liquides auxdits stockages à partir dudit évaporateur-séparateur (1) et dudit condenseur (2) où le concentrat et le solvant sont formés à partir du diluat lors de la phase de stockage d'énergie, ainsi que des moyens de reprise et d'amenée de ces liquides auxdits évaporateur-10 séparateur (1) et condenseur (2) où ils sont consommés lors de la phase de production d'énergie.

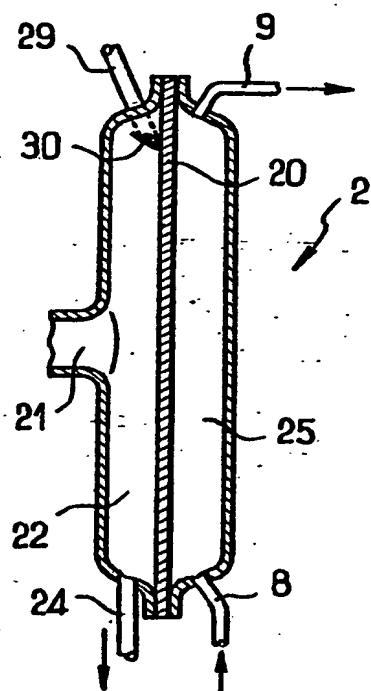
9. - Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'on effectue lors de la phase de production d'énergie le mélange du solvant et du concentrat par 15 étapes successives de concentrats de plus en plus dilués en solvant, et lors de la phase de stockage on régénère, par étapes successives des concentrats de moins en moins dilués en solvant.



2/2



FIG\_3



FIG\_4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**